不同产地构树叶粉和构树枝叶粉营养成分及其鹅代谢能的测定[1]

左 鑫 陈 哲 谢 强 翟双双 汪 珩 钟少颖 朱勇文 王文策 杨 琳*

（华南农业大学动物科学学院，广东省动物营养调控重点实验室，广州 510642）

摘 要：本试验旨在测定不同产地构树叶粉和构树枝叶粉的营养成分及其鹅代谢能。试验采集了 6 种构树叶粉样品和 3 种构树枝叶粉样品，采用化学分析法测定其营养成分含量。选取健康、体重相近的 18 周龄成年雄性马冈鹅 48 只，随机分成 6 个组，每组 8 个重复，每个重复 1 只鹅。采用代谢试验测定 6 种构树叶粉样品和 3 种构树枝叶粉样品的鹅代谢能。结果表明：1）6 种构树叶粉样品总能平均值为 17.07 MJ/kg，粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、粗纤维、钙、磷含量的平均值分别为 22.49%、2.19%、17.81%、13.89%、3.12%、0.54%；除总能和粗灰分含量之外，其他营养成分含量变异系数均大于 10%。3 种构树枝叶粉总能平均值为 18.35 MJ/kg，粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、粗纤维、钙、磷含量的平均值分别为 16.99%、1.44%、13.77%、25.12%、1.58%、0.37%；粗脂肪、磷、粗纤维含量变异较大，变异系数均大于 10%。2）不同产地构树枝叶粉单宁、总黄酮、水溶性糖含量平均值分别为 229.03 μg/g、578.88 μg/g、4.65%，总黄酮、水溶性糖含量变异系数均大于 20%。湖北构树枝叶粉样品水溶性糖含量最高，安徽构树枝叶粉样品总黄酮含量最高。3）鹅对 6 种构树叶粉的表观代谢能(AME)和真代谢能(TME)平均值分别为 9.72 和 10.23 MJ/kg。鹅对 3 种构树枝叶粉的 AME 和 TME 平均值分别为 6.87 和 7.35 MJ/kg。综上，构树枝叶粉蛋白质含量较高，营养价值较高，是一种较好的粗饲料原料，但鹅对其能量利用率不高。

关键词：构树叶粉；构树枝叶粉；鹅；营养成分；代谢能

中图分类号：S835

收稿日期：2018-01-03

基金项目：国家现代农业产业技术体系水禽产业技术体系（CARS-42-15）；公益性行业科研专项（201303143）

作者简介：左 鑫（1993—），男，湖北荆州人，硕士研究生，研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail：243306418@qq.com

*通信作者：杨 琳，教授，博士生导师，E-mail： ylin898@126.com

近几年我国养鹅业规模迅速发展，饲料消耗量也在逐年上涨，我国饲料农作物产量不足的情况成为限制其进一步发展的原因之一，新型饲料原料开发的重要性日益凸显。构树广泛分布于我国黄河、长江及珠江流域，具有生长快、适应性强等优点，在平原、丘陵、山地均可生长。作为一种环境适应能力极强同时用途十分广泛的树种，构树具有很高的经济价值和生态价值，如果能将其开发成为一种新型饲料原料，既可以增加构树的附加值，又可以降低饲料成本，促进行业发展。近年来，我国构树产业规模稳步增长，全国构树种植规模超过100 万亩（1 亩≈666.67 m^2），产量丰富。构树叶中粗蛋白质（CP）含量较高，是大米、玉米的 3 倍，小麦的 2 倍，且富含多种氨基酸[1]，是一种粗蛋白质含量较高的饲料原料。何国英[2]研究表明，猪对构树叶的表观消化能为 10.54 MJ/kg，黄羽肉鸡对构树叶的表观代谢能和真代谢能分别为 6.92 和 8.11 MJ/kg。但国内目前缺少在鹅方面应用的研究。因此，本试验采集了 6 种构树叶粉以及 3 种构树枝叶粉样品，测定其常规营养成分及其鹅代谢能，研究其能否作为一种优质的新型饲料资源，为构树资源更广泛的利用提供基础数据。

1　材料与方法

1.1　试验材料制备

试验采集湖南、湖北、河南、河北、安徽、四川 6 个地区同一时期的构树叶或叶粉样品，每个地区采集风干或晒干样品 2 kg，叶粉均采集于秋季。另采集广东省内 3 种构树枝叶粉，每个样品 2 kg，其中广东 1 样品采集于秋季，广东 2 样品采集于夏季，广东 3 样品采集于冬季。

分别将采集到的 6 种构树叶粉和 3 种构树枝叶粉样品粉碎处理，利用四分法将样品混合均匀，将样品与玉米淀粉按一定比例混合，加入适量的多维多矿及适当蒸馏水后制粒，风干，制成试验饲粮，封装于自封袋中，置于-4 ℃冰柜中保存备用。同时设置玉米淀粉组。

1.2　试验动物分组

选取健康、体重相近的 18 周龄成年雄性马冈鹅 48 只，随机分成 6 个组（5 个试验饲粮

组，1 个空腹对照组），每组 8 个重复，每个重复 1 只鹅。代谢试验共进行 2 批（共 9 个试验饲粮组，1 个玉米淀粉组，2 个空腹对照组)，每批分别做空腹对照。

1.3　试验动物管理

在正式代谢试验开始前，将选取好的马冈鹅由室外场地转移到代谢室内特定的鹅代谢笼中，进行 2 周的适应。适应期间，注意观察鹅的健康和采食饮水情况。在适应的第 1 周，把试验鹅泄殖腔周围的羽毛拔净，在泄殖腔处缝合实验室自制的直径为 5.5 cm 塑料瓶盖（盖面被挖空及四周钻有 8 个小孔）。适应期间饲喂配合饲粮，每日饲喂 2 次（08：00、17：00），自由饮水，为了保证试验条件一致性，预试适应期和正试期均采取 14 h（光照强度 20 lx）+10 h（光照强度 5 lx）光照，适应期及恢复期内每 3 d 清洗代谢室，在强饲 12 h 前彻底清洗代谢室，并检查试验鹅缝合的盖子是否牢固。

1.4　代谢试验方法

在真代谢能（true metabolizable energ，TME）法基础上采用排空强饲法，采用 24 h+24 h 模式。根据鹅的消化生理特点确定具体的代谢试验流程：适应期为 2 周，饲喂配合饲粮，乳头式饮水装置，自由采食、饮水；预试期 3 d，饲喂试验饲粮；禁饲排空 24 h；强饲当天，每只鹅强饲量为 80 g，排泄物准确计时后一共收集 24 h（频率为 4 h 收集 1 次）；空腹组采用平行对照方式。整个代谢试验过程中鹅自由饮水。

1.5　排泄物的收集和处理

强饲后收集粪便于瓷盘中，并加入适量 10%的盐酸固定氨气，防止挥发。于 65 ℃烘干 58 h，烘干后回潮 24 h，称重、记录后将粪样粉粹，过 40 目筛转入小封口袋，于-4 ℃保存备用。

1.6　测定指标及方法

测定 6 个构树叶粉样品和 3 个构树枝叶样品和排泄物的常规营养成分。水分、粗蛋白质、粗脂肪、钙、磷含量等测定方法参照《饲料分析及饲料质量检测技术》（第 3 版）中的研究

方法；粗纤维、中性洗涤纤维（NDF）及酸性洗涤纤维（ADF）含量测定参照《饲料分析与饲料质量检测技术》（第 3 版）中的滤袋法，采用 ANKON A200i 型半自动纤维分析仪测定；总能测定采用德国 IKAC200 全自动量热仪测定；单宁含量测定采用丙酮提取-分光光度法。

1.7 计算公式

表观代谢能（apparent metabolizable energy，AME，MJ/kg）=[（摄入饲粮总能-排泄物总能）/摄入饲粮干物质]×10^{-3}；

TME（MJ/kg）=[（摄入饲粮总能-排泄物总能+内源排泄物总能）/摄入饲粮干物质]×10^{-3}；

养分表观利用率（%）=[（养分总摄入量-养分总排出量）/养分总摄入量]×100；

养分真利用率（%）=[（养分总摄入量-养分总排出量+内源养分总排出量）/养分总摄入量]×100。

1.8 数据处理

数据经 Excel 2007 整理和初步处理后，使用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA），并进行 Duncan 氏法多重比较以及独立样本 *t* 检验。统计显著水平为 $P<0.05$，试验结果采用“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 构树叶粉和构树枝叶粉的营养成分含量

由表1可知，6种构树叶粉总能为16.28~18.13 MJ/kg，平均值为17.07 MJ/kg；粗蛋白质含量为17.78%~26.47%，平均值为22.49%；粗纤维含量为11.89%~16.35%，平均值为13.89%；粗脂肪、粗灰分、钙、磷含量的平均值分别为2.19%、17.81%、3.12%、0.54%。除总能与粗灰分之外，其他营养成分含量变异系数均大于10%。

3种构树枝叶粉总能为17.94~18.76 MJ/kg，平均值为18.35 MJ/kg；粗蛋白质含量为15.80%~17.89%，平均值为16.99%；粗纤维含量为21.25%~27.24%，平均值为1.44%；粗脂肪、粗灰分、钙、磷含量的平均值分别为1.44%、13.77%、1.58%、0.37%。粗脂肪、磷、粗纤维

含量差异较大，变异系数均大于10%。

由此可见，与构树叶粉相比，构树枝叶粉总能、粗纤维含量较高，粗蛋白质、粗脂肪、钙、磷等营养物质含量较低。

表 1　构树叶粉和构树枝叶粉的营养成分含量（干物质基础）

Table 1　Nutrient contents of *Broussonetia papyrifera* leaves powder and *Broussonetia papyrifera* twig leaves powder　（DM basis）

项目 Items	总能 GE/(MJ/kg)	粗蛋白质 CP/%	粗脂肪 EE/%	粗灰分 Ash/%	钙 Ca/%	磷 P/%	粗纤维 CF/%
构树叶粉 *Broussonetia papyrifera* leaves powder							
湖南 *Hunan*	16.95	26.47	1.86	19.57	2.76	0.59	11.89
湖北 *Hubei*	16.91	17.78	2.98	17.82	3.43	0.40	13.23
河南 *Henan*	17.06	21.92	1.92	16.76	2.92	0.57	12.16
河北 *Hebei*	17.07	24.17	1.58	16.33	2.79	0.61	16.35
安徽 *Anhui*	16.28	20.32	2.84	19.07	3.24	0.49	14.64
四川 *Sichuan*	18.13	24.30	1.94	17.31	3.58	0.56	15.08
平均值 Average value	17.07	22.49	2.19	17.81	3.12	0.54	13.89
变异系数 CV/%	3.50	13.94	26.37	7.20	11.11	14.61	12.66
构树枝叶粉 *Broussonetia papyrifera* twig leaves powder							
广东 1 *Guangdong* 1	17.94	17.89	1.73	13.13	1.56	0.42	21.25
广东 2 *Guangdong* 2	18.35	17.28	1.28	13.96	1.66	0.39	27.24
广东 3 *Guangdong* 3	18.76	15.80	1.32	14.23	1.52	0.29	26.87
平均值 Average value	18.35	16.99	1.44	13.77	1.58	0.37	25.12
变异系数 CV/%	2.23	6.33	17.26	4.16	4.56	18.56	13.36

2.2　构树叶粉和构树枝叶粉的部分生物活性物质含量

由表2可知，不同产地构树叶粉水溶性多糖含量差异较大，平均值为5.11%，湖北样品含

量最高,为8.14%。不同产地构树叶粉总黄酮含量差异较大，平均值为541.89 μg/g，安徽样品含量最高，为890.29 μg/g。不同产地构树叶粉单宁含量平均值为233.07 μg/g，单宁含量差异不大。

构树枝叶粉水溶性多糖含量平均值为3.73%，总黄酮含量平均值为652.89 μg/g，单宁含量平均值为216.91 μg/g。

由此可见，构树枝叶粉总黄酮含量平均值高于构树叶粉，但水溶性多糖及单宁含量平均值均低于构树叶粉。

表 2　构树叶粉和构树枝叶粉的部分生物活性物质含量

Table 2　Some bioactive substance contents of *Broussonetia papyrifera* leaves powder and *Broussonetia papyrifera* twig leaves powder

项目 Items	水溶性多糖 Water-soluble polysaccharide/%	总黄酮 Total flavones/（μg/g）	单宁 Tannins/（μg/g）
构树叶粉 *Broussonetia papyrifera* leaves powder			
湖南 *Hunan*	4.14	537.69	228.79
湖北 *Hubei*	8.14	591.78	238.86
河南 *Henan*	5.08	487.78	228.73
河北 *Hebei*	3.91	327.47	227.72
安徽 *Anhui*	5.86	890.29	237.09
四川 *Sichuan*	3.54	416.31	237.24
平均值 Average value	5.11	541.89	233.07
变异系数 CV/%	33.42	35.84	2.21
构树枝叶粉 *Broussonetia papyrifera* twig leaves powder			
广东 1 *Guangdong* 1	3.05	560.10	223.49
广东 2 *Guangdong* 2	3.26	806.74	——

广东 3 *Guangdong* 3	4.89	591.80	210.32
平均值 Average value	3.73	652.89	216.91
变异系数 CV/%	26.98	20.55	4.29

2.3 树枝叶粉和构树枝叶粉的鹅代谢能和能量利用率

由表 3 可知，6 个构树叶粉的鹅 AME 变化范围在 7.49~10.94 MJ/kg 之间，平均值为 9.72 MJ/kg；鹅 TME 变化范围在 8.21~11.47 MJ/kg 之间，平均值为 10.23 MJ/kg；鹅能量表观利用率变化范围在 43.89%~67.21%之间，平均值为 57.34%；鹅能量真利用率变化范围在 48.10%~70.46%之间，平均值为 60.31%。

3 个构树枝叶粉样品的鹅 AME 变化范围在 5.12~8.04 MJ/kg 之间，平均值为 6.87 MJ/kg；鹅 TME 变化范围在 5.17~8.58 MJ/kg 之间，平均值为 7.35 MJ/kg；鹅能量表观利用率变化范围在 27.28%~44.84%之间，平均值为 37.60%；鹅能量真利用率变化范围在 27.58%~47.85%之间，平均值为 40.24%。

由此可见，构树叶粉的代谢能、能量利用率均高于构树枝叶粉。

表3 构树枝叶粉和构树枝叶粉的鹅代谢能和能量利用率

Table 3 Metabolic energy and energy utilization of *Broussonetia papyrifera* leaves powder and *Broussonetia papyrifera* twig leaves powder for geese

项目 Items	表观代谢能 AME	真代谢能 TME	能量表观利用率 Energy apparent utilization	能量真利用率 Energy true utilization
构树叶粉 *Broussonetia papyrifera* leaves powder				
湖南 *Hunan*	10.82±0.27[a]	11.42±0.27[a]	63.83±1.62[ab]	67.36±1.62[ab]
湖北 *Hubei*	9.04±0.45[b]	9.09±0.45[b]	53.46±2.66[c]	53.76±2.66[c]
河南 *Henan*	7.17±0.39[c]	7.89±0.39[c]	42.05±2.29[d]	46.26±2.29[d]
河北 *Hebei*	9.76±0.31[ab]	10.29±0.31[ab]	57.19±1.84[bc]	60.27±1.84[bc]
安徽 *Anhui*	10.94±0.47[a]	11.47±0.47[a]	67.21±2.90[a]	70.46±2.90[a]
四川 *Sichuan*	10.59±0.43[a]	11.22±0.43[a]	58.43±2.39[bc]	61.90±2.39[bc]

平均值 Average value	9.72±0.59	10.23±0.60	57.33±3.35	60.31±3.40
构树枝叶粉 *Broussonetia papyrifera* twig leaves powder				
广东 1 *Guangdong* 1	8.04±0.39[a]	8.58 ±0.39[a]	44.84±2.20[a]	47.85±2.20[a]
广东 2 *Guangdong* 2	7.46±0.43[a]	8.31±0.43[a]	40.67±2.34[a]	45.30±2.34[a]
广东 3 *Guangdong* 3	5.12±0.22[b]	5.17±0.22[b]	27.28±1.16[b]	27.58±1.16[b]
平均值 Average value	6.87±0.89	7.35±1.09	37.60±5.30	40.24±6.37

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$).

3 讨　论

3.1 构树叶粉和构树枝叶粉的营养成分含量

国内外不同学者对于构树枝叶的营养价值多有研究，但构树枝叶的营养价值受构树品种、生长环境、季节不同的影响较大。屠焰等[3]测定构树叶的粗蛋白质量为 26.05%，钙含量为 3.35%，同时含有铁、锰、锌等微量元素，是一种优质的饲料原料。Obour 等[4]测定构树叶在绝干基础上粗蛋白质含量为 27.17%，粗脂肪含量为 6.45%，钙含量为 2.54%，磷含量为 0.23%，同时还含有钾、镁等微量元素。杨祖达等[5]采集构树叶，测定其水分含量为 13.0%，粗蛋白质含量为 24.0%，粗脂肪含量为 3.0%，粗纤维含量为 11.7%，钙、磷含量分别为 2.7%和 0.3%，与大米、玉米等常规饲料原料相比，其粗蛋白质含量高于大米、玉米和小麦，仅次于大豆；粗脂肪含量相当于玉米，是大米、小麦的 2 倍，低于大豆，有较高的营养价值。徐又新等[6]采集春、夏、秋不同季节同一地方的构树叶测定其营养物质含量，其粗蛋白质含量为 18.4%~25.3%，粗脂肪含量为 5.9%~6.9%，粗纤维含量为 12.6%~18.0%，随季节的改变，粗脂肪、粗纤维含量增加，粗蛋白质含量减少。于明等[7]测定 7、8、9 月份采集的构树叶发现，7 月份构树叶粗蛋白质含量高于 8、9 月份，9 月份采集的构树叶粗纤维、钙和磷的含量

最高。同时发现同一根枝条上，上 1/3 构树叶的粗蛋白质含量较高，下 1/3 构树叶的粗纤维、钙、磷含量较高。构树叶着生时间增长，钙、磷沉积较多，含量较高，且粗纤维含量增加，粗蛋白质含量相对下降。本试验采集的样品因采摘地点不同，采摘季节的差异，故其营养成分含量存在差异，广东 2 样品于夏季采摘，其粗蛋白质含量高于冬季采摘的广东 3 样品，与文献报道趋势相符。构树叶样品钙含量较高，磷含量较低，在实际应用中应注意饲粮中钙磷配比。构树枝叶粉与构树叶粉粗灰分含量均在 10%之上，说明其矿物质含量较高，文献中也介绍构树叶富含多种矿物质元素。本试验采集的构树叶粉样品中粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、钙含量与前人报道结果一致。构树叶粉营养物质含量高于构树枝叶粉，但构树叶相对于构树枝叶更难采集，相对来说构树枝叶粉更有利于大规模的开发利用。

构树中富含黄酮类物质，从构树不同部位共分离出 40 多种黄酮类物质[8]。杨雪莹[9]对构树叶提取物中的成分进行了定性分析和总含量测定，发现构树叶提取液中主要成分为黄酮类物质，它具有一定的抗氧化性，且随着浓度的增加抗氧化性增强。熊燕飞等[10]研究结果表明，黄酮具有良好的清除羟自由基和超氧阴离子能力。李勇[11]发现在饲粮中添加 5%的构树叶能显著降低肥胖小鼠血浆总胆固醇（TC）、葡萄糖（CLU）、甘油三酯（TG）和游离脂肪酸（NEFA）的含量，添加 2%和 5%构树叶能显著提高血浆高密度脂蛋白（HDL）含量，加快高密度脂蛋白对外周胆固醇的转运，促进肝脏对胆固醇的转化和排泄。崔璨等[12]试验发现，构树叶提取物对红色癣菌、克柔氏念珠菌、紧密着色霉菌、石膏样毛癣菌等皮肤病致病真菌有抑制作用，效果明显而且稳定。

构树叶主要抗营养因子为单宁，单宁是一类水溶性酚类化合物，进入动物消化道后可以与糖类[13]、蛋白质[14]、金属离子[15]等形成难被动物体吸收的复合物，导致饲料利用率下降，影响动物生长。于明等[7]测定 7、8、9 月份构树叶中单宁含量分别为 0.95%、1.34%和 2.36%。Obour 等[4]测定构树叶单宁含量为 6.96%~7.09%。本试验测定构树叶单宁含量较低，可能与测定方法有关。以往人们通常使用理化方法或生物降解法降低植物中单宁含量，相关研究表

明用不同浓度的氢氧化钠（NaOH）溶液分别对 2 种树叶处理 7 d，结果发现，随着 NaOH 浓度的升高，样品中单宁含量呈直线下降[16]。霉菌发酵可以显著降低刺槐中单宁含量并且提高粗蛋白质含量，也显著提高其干物质消化率[17]。但近些年研究表明，饲粮中添加适量的单宁并不会影响动物生长，而且具有提高抗氧化能力[18-20]、抑制寄生虫[21-22]及有害菌生长[23]等功能，有利用于动物生长。

3.2　树枝叶粉和构树枝叶粉的鹅代谢能和能量利用率

我国很早就有使用木本植物饲喂动物的习惯，近些年人们越来越关注木本植物作为新型饲料原料的前景，相关研究较多。王永昌等[24]研究表明，马冈鹅对桑枝茎叶粉的 TME 为 4.92 MJ/kg，能量真利用率为 26.91%。王增煌等[25]研究表明，马冈鹅对香蕉茎叶粉的 AME 为 6.50 MJ/kg，TME 为 7.20 MJ/kg，能量表观利用率为 37.50%，能量真利用率为 41.15%。鹅对上述高纤维低蛋白质的木本植物的能量利用率不高。本试验测定鹅对构树枝叶粉 AME 为 5.12~8.04 MJ/kg，TME 为 5.17~8.58 MJ/kg，能量表观利用率为 27.28%~44.84%，能量真利用率为 27.58%~47.85%。本试验测定鹅对高纤维低蛋白质的构树枝叶粉的能量利用率较低，与相关报道趋势相同。

相对于构树枝叶粉，鹅对构树叶粉的能量利用率较高。本试验测定马冈鹅对不同产地构树叶粉的 AME 为 7.49~10.94 MJ/kg，TME 为 8.21~11.40 MJ/kg，能量表观利用率为 43.89%~67.21%，能量真利用率为 48.10%~70.46%。何国英[2]研究表明，猪对构树叶的消化能为 10.54 MJ/kg。三黄鸡对构树叶的 AME 为 6.92 MJ/kg，TME 为 8.11 MJ/kg，能量真利用率为 50.71%。鹅对构树叶粉能量利用率较高，鹅对构树叶粉 AME、TME 和能量利用率均高于鸡。王瑞晓等[26]研究表明，鹅对粗纤维含量较高的饲料原料的能量利用率高于鸡。目前国内外研究构树叶在动物体上能量利用率的相关报道较少，缺少构树叶鹅方面的代谢文章，还需进一步探讨能量利用率不高的原因。

4　结　论

① 构树叶粉营养价值高于构树枝叶粉，粗蛋白质含量最高达 26.47%，是一种较好的蛋白质补充饲料原料。

② 相对于构树枝叶粉，鹅对构树叶粉的能量利用率较高，鹅对构树叶粉的 AME 平均值为 9.72 MJ/kg，最高为 10.94 MJ/kg。鹅对构树枝叶粉 AME 平均值为 6.87 MJ/kg，能量利用率不足 50%，能量利用率较低。

参考文献：

[1] 侯改凤, 李瑞, 陈达图, 等.构树叶的生物学功能及其在畜禽生产中的应用[J].中国饲料,2013(12):11–13,17.
[2] 何国英.非常规饲料——构树叶(LBP)的营养价值评定研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2005.
[3] TU Y,DIAO Q Y,ZHANG R,et al.Analysis on the feed nutritive value of hybrid *Broussonetia papyrifera* leaf[J].Pratacultural Science,2009,26(6):136–139.
[4] OBOUR R,OPPONG S K,ABEBRESE I K.Chemical composition and nutritive value of an invasive exotic species broussonetia papyrifera in Ghana[J].Journal of Natural Sciences Research,2017,7(20):45–53.
[5] 杨祖达, 陈华, 叶要妹, 等.构树叶资源利用潜力的初步研究[J].湖北林业科技,2002(1):1–3.
[6] 徐又新, 汤福泉.构树叶饲用价值的初步评价[J].中国野生植物资源,1990(1):12–14.
[7] 于明, 刘素杰, 程波, 等.构树叶的营养成分分析及与刺槐树叶的营养比较[J].辽宁农业职业技术学院学报,2012,14(4):15–16.
[8] 冯卫生, 李红伟, 郑晓珂.构树化学成分的研究进展[J].中国新药杂志,2008,17(4):272–278.
[9] 杨雪莹.构树总黄酮对表皮细胞防护作用研究[D].硕士学位论文.武汉:华中科技大学,2004.
[10] 熊燕飞, 赵元昊, 杨亚宁, 等.构树黄酮的提取及体外抗氧化作用[J].林业工程学报,2009,23(1):42–45.
[11] 李勇.构树叶对营养性肥胖小鼠脂肪代谢的影响[D].硕士学位论文.湛江:广东海洋大学,2011.
[12] 崔璨, 陈随清, 魏雅磊.构树叶体外抗真菌作用的研究[J].河南科学,2009,27(1):40–42.
[13] LACASSAGNE L,FRANCESCH M,CARRÉ B,et al.Utilization of tannin-containing and tannin-free faba beans (*Vicia faba*) by young chicks:effects of pelleting feeds on energy,protein and starch digestibility[J].Animal Feed Science and Technology,1988,20(1):59–68.
[14] FRAZIER R A,DEAVILLE E R,GREEN R J,et al.Interactions of tea tannins and condensed tannins with proteins[J].Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis,2010,51(2):490–495.
[15] AL-MAMARY M,MOLHAM A H,ABDULWALI A A,et al.*In vivo* effects of dietary sorghum tannins on rabbit digestive enzymes and mineral absorption[J].Nutrition Research,2001,21(10):1393–1401.
[16] CANBOLAT O,OZKAN C O,KAMALAK A.Effects of NaOH treatment on condensed tannin contents and gas production kinetics of tree leaves[J].Animal Feed Science and Technology,2007,138(2):189–194.

[17] RAKESH D D,BHAT T K,SINGH B.Effect of fungal treatment on composition,tannin levels,and digestibility of black locust (*Robinia pseudoacacia*) leaves[J].The Journal of General and Applied Microbiology,2000,46(2):99–103.
[18] 宋立江，狄莹，石碧.植物多酚研究与利用的意义及发展趋势[J].化学进展,2000,12(2):161–170.
[19] 顾海峰,李春美,徐玉娟,等.柿子单宁的制备及其抗氧化活性研究[J].农业工程学报,2007,23(5):241–245.
[20] PILLAI V C,MEHVAR R.Inhibition of NADPH-cytochrome P450 reductase by tannic acid in rat liver microsomes and primary hepatocytes:methodological artifacts and application to ischemia-reperfusion injury[J].Journal of Pharmaceutical Sciences,2011,100(8):3495–3505.
[21] REVERÓN I,RODRÍGUEZ H,CAMPOS G,et al.Tannic acid-dependent modulation of selected *Lactobacillus plantarum* traits linked to gastrointestinal survival[J].PLoS One,2013,8(6):e66473.
[22] 李元恒,金龙,韩国栋,等.植物单宁在反刍动物营养和健康养殖作用中的研究进展[J].草地学报,2013,21(6):1043–1051.
[23] PAYNE D E,MARTIN N R,PARZYCH K R,et al.Tannic acid inhibits *Staphylococcus aureus* surface colonization in an ISAA-dependent manner[J].Infection and Immunity,2013,81(2):496–504.
[24] 王永昌,翟双双,李孟孟,等.不同产地桑枝茎叶营养成分分析及四川白鹅对其养分利用率的测定[J].中国饲料,2016(16):18–22,27.
[25] 王增煌,王文策,翟双双,等.香蕉茎叶粉固态发酵条件优化及鹅对其养分利用率的研究[J].动物营养学报,2017,29(4):1283–1293.
[26] 王瑞晓,郑诚.鹅、鸡对不同饲料养分利用率的比较测定[J].中国饲料,2001(19):8–9.

Determination of Nutrients and Metabolic Energy of Geese in *Broussonetia papyrifera* Leaves Powder and *Broussonetia papyrifera* Twig Leaves Powder from Different Areas

ZUO Xin CHEN Zhe XIE Qiang ZHAI Shuangshuang WANG Heng ZHONG Shaoying ZHU Yongwen WANG Wence YANG Lin*

(*Guangdong Province Key Laboratory of Animal Nutritional Regulation, College of Animal Science, South China Agriculture University, Guangzhou* 510642, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the nutrients and metabolic energy of geese in *Broussonetia papyrifera* leaves powder (BPL) and *Broussonetia papyrifera* twig leaves powder (BPTL) from different areas. 6 kinds of BPL and 3 kinds of BPTL samples were collected and determined the nutrient contents by chemical analysis. Forty-eight 18-week-old healthy male

Magang geese were randomly divided into 6 groups with 8 replicates per group and 1 goose per replicate. The metabolic energy of geese in 6 kinds of BPL and 3 kinds of BPTL were determined by metabolic test. The results showed as follows: 1) the average value of gross energy (GE) of 6 kinds of BPL was 17.07 MJ/kg, the average values of crude protein (CP), ether extract (EE), ash, crude fiber (CF), calcium (Ca) and phosphorus (P) contents were 22.49%, 2.19%, 17.81%, 13.89%, 3.12% and 0.54%, respectively. Except GE and ash content, the variation coefficients of other nutrient contents were all greater than 10%. The average value of GE of 3 kinds of BPTL was 18.35 MJ/kg, the average values of CP, EE, ash, CF, Ca and P contents were 16.99%, 1.44%, 13.77%, 25.12%, 1.58% and 0.37%, respectively. The contents of EE, P and CF varied greatly, and the variation coefficients were all greater than 10%. 2) The average values of tannins, total flavones, water-soluble polysaccharide contents of BPTL from different areas were 229.03 μg/g, 578.88 μg/g and 4.65%, respectively, and the variation coefficients of total flavones and water-soluble polysaccharide contents were all greater than 20%. The highest contents of water-soluble polysaccharide and total flavones of BPTL were observed in the samples obtained from the *Hubei* and *Anhui* areas, respectively. 3) The apparent metabolizable energy (AME) and true metabolizable energy (TME) of geese of 6 kinds of BPL were 9.72 and 10.23 MJ/kg, respectively. The AME and TME of geese of 3 kinds of BPTL were 6.87 and 7.35 MJ/kg, respectively. In conclusion, the BPTL contains high protein content, and has high nutritional value, it is a good raw material for roughage, but BPTL has the low energy utilization of geese.

Key words: *Broussonetia papyrifera* leaves powder; *Broussonetia papyrifera* twig leaves powder; geese; nutrients; metabolizable energy[2]

---

*Corresponding author, professor, E-mail: ylin898@ 126.com （责任编辑　武海龙）